

**Raissa Rachel Salustriano da Silva-Matos
Luisa Julieth Parra-Serrano
(Organizadoras)**

Sustentabilidade de Recursos Florestais 2

Raissa Rachel Salustriano da Silva-Matos

Luisa Julieth Parra-Serrano

(Organizadoras)

Sustentabilidade de Recursos Florestais 2

Atena Editora
2019

2019 by Atena Editora
Copyright © Atena Editora
Copyright do Texto © 2019 Os Autores
Copyright da Edição © 2019 Atena Editora
Editora Executiva: Prof^a Dr^a Antonella Carvalho de Oliveira
Diagramação: Karine de Lima
Edição de Arte: Lorena Prestes
Revisão: Os Autores

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores. Permitido o download da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

Conselho Editorial

Ciências Humanas e Sociais Aplicadas

Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof^a Dr^a Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Prof^a Dr^a Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Prof^a Dr^a Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Prof^a Dr^a Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof^a Dr^a Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Prof^a Dr^a Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Ciências Agrárias e Multidisciplinar

Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano
Prof^a Dr^a Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Darllan Collins da Cunha e Silva – Universidade Estadual Paulista
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof^a Dr^a Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

Ciências Biológicas e da Saúde

Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás
Prof.^a Dr.^a Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará

Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

Conselho Técnico Científico

Prof. Msc. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo
Prof. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba
Prof. Msc. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão
Prof.ª Drª Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico
Prof. Msc. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Msc. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará
Prof. Msc. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista
Prof.ª Msc. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia
Prof. Msc. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof.ª Msc. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal
Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)	
S964	Sustentabilidade de recursos florestais 2 [recurso eletrônico] / Organizadoras Raissa Rachel Salustriano da Silva-Matos, Luisa Julieth Parra-Serrano. – Ponta Grossa, PR: Atena Editora, 2019. – (Sustentabilidade de Recursos Florestais; v. 2) Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader Modo de acesso: World Wide Web Inclui bibliografia ISBN 978-85-7247-498-6 DOI 10.22533/at.ed.986192407 1. Desenvolvimento sustentável. 2. Gestão ambiental. 3. Meio ambiente. I. Silva-Matos, Raissa Rachel Salustriano. II. Parra-Serrano, Luisa Julieth. III. Série. CDD 363.7
Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422	

Atena Editora
Ponta Grossa – Paraná - Brasil
www.atenaeditora.com.br
contato@atenaeditora.com.br

APRESENTAÇÃO

A mudança climática, consequência da emissão de gases de efeito estufa e o esgotamento dos recursos naturais ocasionado pela intensificação das atividades produtivas, geram uma preocupação comum na sociedade, sendo identificada a necessidade de novas estratégias de desenvolvimento que garantam uma produção alinhada com a preservação ambiental.

Na Conferência das partes COP21 os 195 países que conformam a Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre a Mudança do Clima aprovaram o Acordo de Paris, no qual se comprometem a reduzir as emissões de gases de efeito estufa no contexto do desenvolvimento sustentável. O Brasil assumiu, entre outros o compromisso de restaurar e reflorestar 12 milhões de hectares de florestas. Pelo qual se considera pertinente a adoção de atividades florestais sustentáveis, que permitam contribuir com a economia e proporcionar benefícios sociais e ambientais, tópicos básicos para atingir um equilíbrio entre a produção e a conservação dos recursos naturais.

As árvores são imprescindíveis nessa luta contra os efeitos da mudança climática, já que capturam de forma permanente dióxido de carbono e produzem boa parte do oxigênio consumido pelo ser humano, oferecem refugio e alimento para a fauna, contribuem na regulação do ciclo hidrológico, evitam processos erosivos, e nas cidades diminuem as temperaturas. Adicionalmente, seus produtos tanto madeireiros como não madeireiros atendem as demandas da população humana.

Considerando esse cenário, a obra *Sustentabilidade de Recursos Florestais Vol. 2*, oferece ao leitor a oportunidade de se documentar ao respeito de diferentes temáticas na área florestal. A obra encontra-se composta por 20 trabalhos científicos, que abrangem desde a importância do adequado processo de produção de mudas até o aproveitamento de produtos florestais, destacando os benefícios da implantação de árvores tanto em áreas de produção, como em áreas de recuperação.

Nos diferentes trabalhos científicos os autores destacam a importância do manejo florestal, com vistas a atingir benefícios ambientais, econômicos e sociais, atendendo o objetivo principal da obra.

Palavras-Chave: Silvicultura, Manejo Florestal, Produção florestal sustentável, Tecnologia de Madeiras.

Raissa Rachel Salustriano da Silva-Matos
Luisa Julieth Parra-Serrano
(Organizadoras)

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
DESENVOLVIMENTO DE <i>Psidium cattleianum</i> SABINE (ARAÇÁ) APÓS O TRANSPLANTE PARA RECIPIENTES DE TRÊS LITROS COM DIFERENTES SUBSTRATOS	
Éricklis Edson Boito de Souza	
Guilherme Valcorte	
Mateus Boldrin	
Franciele Alba da Silva	
Edison Bisognin Cantarelli	
Fabiano de Oliveira Fortes	
Hendrick da Costa de Souza	
Tiago Isaias Friedrich	
DOI 10.22533/at.ed.9861924071	
CAPÍTULO 2	9
EFEITOS DE DIFERENTES RECIPIENTES NA QUALIDADE DE MUDAS DE CEDRO AUSTRALIANO (Toona ciliata M. ROEMER)	
Priscila Silva Matos	
Walleska Pereira Medeiros	
Jéssica Costa de Oliveira	
Lúcia Catherinne Oliveira Santos	
Adalberto Brito de Novaes	
DOI 10.22533/at.ed.9861924072	
CAPÍTULO 3	17
INFLUÊNCIA DA ÁREA FOLIAR EM MINIESTACAS DE <i>Azadirachta indica</i> A. Juss	
Kyegla Beatriz da Silva Martins	
Nauan Ribeiro Marques Cirilo	
Eder Ferreira Arriel	
Mikaella Meira Monteiro	
Mellina Nicácio da Luz	
Assíria Maria Ferreira da Nóbrega	
DOI 10.22533/at.ed.9861924073	
CAPÍTULO 4	22
ANÁLISE FITOSSOCIOLÓGICA DA PRAÇA CAMILO MÉRCIO NO CENTRO HISTÓRICO DE SÃO GABRIEL, RS	
Italo Filippi Teixeira	
Icaro Gustavo Rodrigues Taborda	
Francisco de Marques de Figueiredo	
Leonardo Soares	
DOI 10.22533/at.ed.9861924074	

CAPÍTULO 5 34

AVALIAÇÃO DE ESPÉCIES FLORESTAIS INTRODUZIDAS EM SISTEMA SILVIPASTORIL NO MUNICÍPIO DE LAVRAS – MG

Erick Martins Nieri
Renato Luiz Grisi Macedo
Thales Guilherme Vaz Martins
Regis Pereira Venturin
Nelson Venturin
Lucas Amaral de Melo
Rodolfo Soares de Almeida
Anatoly Queiroz Abreu Torres
Eduardo Willian Andrade Resende

DOI 10.22533/at.ed.9861924075

CAPÍTULO 6 39

ESTOQUE POPULACIONAL E VOLUMÉTRICO DE DUAS ESPÉCIES COMERCIAIS NA RESEX TAPAJÓS ARAPIUNS, ESTADO DO PARÁ

Daniele Lima da Costa
Misael Freitas dos Santos
João Ricardo Vasconcellos Gama
Renato Bezerra da Silva Ribeiro
Lia de Oliveira Melo
Ramon de Sousa Leite
Jéssica Ritchele Moura dos Santos

DOI 10.22533/at.ed.9861924076

CAPÍTULO 7 51

ESTRUTURA POPULACIONAL E PRODUTIVIDADE DE SERINGUEIRAS NA FLORESTA NACIONAL DO TAPAJÓS, PARÁ

Misael Freitas dos Santos
Daniele Lima da Costa
Lia de Oliveira Melo
João Ricardo Vasconcellos Gama
Karla Mayara Almada Gomes
Ramon de Sousa Leite

DOI 10.22533/at.ed.9861924077

CAPÍTULO 8 63

ESTUDOS SOBRE IMPACTOS AMBIENTAIS EM UNIDADES DE CONSERVAÇÃO NO BRASIL

Brhenda Ediarlene da Silva Pierre
Thiago Almeida Vieira

DOI 10.22533/at.ed.9861924078

CAPÍTULO 9 76

VARIABILIDADE ESPACIAL DE CARACTERÍSTICAS DENDROMÉTRICAS DE UM POVOAMENTO DE *Artocarpus altilis* (FRUTEIRA-PÃO)

Aldair Rocha Araujo
Ítalo Lima Nunes
Elton da Silva Leite

DOI 10.22533/at.ed.9861924079

CAPÍTULO 10 82

A SERAPILHEIRA PRODUZIDA COMO INDICADOR DE SUSTENTABILIDADE EM PLANTIOS DE *PINUS* NO SUL DO BRASIL

Claudinei Garlet
Mauro Valdir Schumacher
Grasiele Dick
Alisson de Mello Deloss

DOI 10.22533/at.ed.98619240710

CAPÍTULO 11 91

COMPORTAMENTO DE MUDAS DE *Paubrasilia echinata* (LAM.) GAGNON, H. C. LIMA & G. P. LEWIS EM ÁREA DEGRADADA POR MINERAÇÃO DE AREIA EM MACAÍBA-RN

José Augusto da Silva Santana
Débora de Melo Almeida
Amanda Brito da Silva
João Gilberto Meza Ucella Filho
Stephanie Hellen Barbosa Gomes
Vital Caetano Barbosa Junior
Juliana Lorensi do Canto

DOI 10.22533/at.ed.98619240711

CAPÍTULO 12 100

MATOCOMPETIÇÃO E A SUSTENTABILIDADE DA PRODUÇÃO FLORESTAL

Grasiele Dick
Mauro Valdir Schumacher

DOI 10.22533/at.ed.98619240712

CAPÍTULO 13 112

POTENCIAL DA PASTAGEM APÍCOLA PARA A PRODUÇÃO SUSTENTÁVEL DE FLORESTAS

Claudia Moster
Fabiana Silva de Araújo

DOI 10.22533/at.ed.98619240713

CAPÍTULO 14 118

AValiação DA DETERIORAÇÃO DE QUATRO MADEIRAS COMERCIAIS EXPOSTAS EM CONDIÇÕES DE CAMPO

Henrique Trevisan
Juliene Maria da Silva Amancio
Thiago Sampaio de Souza
Priscila de Souza Ferreira
Fernanda de Aguiar Coelho
Acácio Geraldo de Carvalho

DOI 10.22533/at.ed.98619240714

CAPÍTULO 15 124

COMPARATIVO DA SECAGEM NOS SENTIDOS LONGITUDINAL E RADIAL DA MADEIRA DE EUCALIPTO EM FUNÇÃO DA RELAÇÃO CERNE / ALBURNO E DA DENSIDADE

Artur Queiroz Lana
Analder Sant'Anna Neto
Ananias Francisco Dias Júnior
Angélica de Cássia Oliveira Carneiro
Amélia Guimarães Carvalho
Carlos Rogério Andrade
José Otávio Brito
Weslley Wilker Corrêa Morais

DOI 10.22533/at.ed.98619240715

CAPÍTULO 16 132

TENDÊNCIAS NA DISTRIBUIÇÃO DE S, K E CA NO PERFIL RADIAL DA MADEIRA DE *Enterolobium contortisiliquum*

Analder Sant'Anna Neto
Ananias Francisco Dias Junior
Artur Queiroz Lana
João Gabriel Missia da Silva
Demóstenes Ferreira da Silva Filho
Antonio Natal Gonçalves

DOI 10.22533/at.ed.98619240716

CAPÍTULO 17 142

ADESIVO TANINO-FORMALDEÍDO À BASE DE CASCAS DE *Pinus oocarpa*

João Vítor Magalhães Cunha
Fábio Akira Mori
Caroline Junqueira Sartori
João Otávio Poletto Tomeleri
Letícia Sant'Anna Alesi
Franciane Andrade de Pádua

DOI 10.22533/at.ed.98619240717

CAPÍTULO 18 155

NANOCELULOSE: APLICAÇÕES NA INDÚSTRIA DE BASE FLORESTAL

Elaine Cristina Lengowski
Eraldo Antonio Bonfatti Júnior

DOI 10.22533/at.ed.98619240718

CAPÍTULO 19 165

RECICLAGEM DE POLIESTIRENO PARA FABRICAÇÃO DE PAINÉIS WPC

Bibiana Argenta Vidrano
Clovis Roberto Haselein
Cristiane Pedrazzi
Elio José Santini

DOI 10.22533/at.ed.98619240719

CAPÍTULO 20 175

REUTILIZAÇÃO DE EMBALAGENS PLÁSTICAS DE TALHERES EM ATIVIDADES DE EDUCAÇÃO AMBIENTAL

Nara Silva Rotandano
Raquel Janaina Amorim Silva
Carolina Thomasia Pereira Barbosa
Caren Machado Neiva
Lucas Gabriel Souza Santos
Flora Bonazzi Piasentin

DOI 10.22533/at.ed.98619240720

SOBRE OS ORGANIZADORES..... 184

ÍNDICE REMISSIVO 185

TENDÊNCIAS NA DISTRIBUIÇÃO DE S, K E CA NO PERFIL RADIAL DA MADEIRA DE *Enterolobium contortisiliquum*

Analder Sant'Anna Neto

Escola Superior de Agricultura “Luiz de Quiroz”,
Universidade de São Paulo - Departamento de
Ciências Florestais, Piracicaba, São Paulo.

Ananias Francisco Dias Junior

Universidade Federal do Espírito Santo,
Departamento de Ciências Florestais e da
Madeira, Jerônimo Monteiro - Espírito Santo.

Artur Queiroz Lana

Escola Superior de Agricultura “Luiz de Quiroz”,
Universidade de São Paulo, Departamento de
Ciências Florestais - Piracicaba, São Paulo.

João Gabriel Missia da Silva

Universidade Federal do Espírito Santo,
Departamento de Ciências Florestais e da
Madeira, Jerônimo Monteiro - Espírito Santo.

Demóstenes Ferreira da Silva Filho

Escola Superior de Agricultura “Luiz de Quiroz”,
Universidade de São Paulo, Departamento de
Ciências Florestais, Piracicaba - São Paulo.

Antonio Natal Gonçalves

Escola Superior de Agricultura “Luiz de Quiroz”,
Universidade de São Paulo, Departamento de
Ciências Florestais, Piracicaba - São Paulo.

RESUMO: As chances de sucesso em projetos de restauração utilizando essências florestais nativas, ou ainda, em plantações comerciais estão ligadas ao fornecimento adequado de nutrientes principalmente nos primeiros anos de plantio. Conhecendo a cinética de utilização dos

elementos ao longo do período de crescimento, é possível planejar o melhor plano de fertilização. Neste capítulo, avaliamos a demanda nutricional analisando a distribuição de S, K e Ca no perfil radial retirado do lenho durante os quatro primeiros anos de crescimento da *Enterolobium contortisiliquum*. As análises foram realizadas utilizando a técnica de fluorescência de raios X. A comparação entre os diferentes níveis dos elementos no lenho foi realizada utilizando a análise por componentes principais. As tendências de variação elementar mostraram que o elemento Ca foi o mais presente no lenho inicial, com tendência decrescente durante a estação seca. O K e o S apresentaram uma alta correlação indicando uma tendência relacionada a distribuição dos elementos simultaneamente. Apresentando níveis mais elevados no período inicial de crescimento. Em contrapartida, regiões com altos teores de Ca apresentavam baixos níveis de S, representando um efeito antagonista entre os elementos. Os resultados aqui apresentados do processo temporal de absorção de elementos subsidiam a promoção de estratégias mais eficientes relacionadas a fertilização para cada estágio de crescimento. Além de ajudar na compreensão da influência das condições climáticas no desenvolvimento das espécies arbóreas

PALAVRA-CHAVE: dendroquímica, árvores de crescimento rápido, nutrição mineral,

restauração florestal.

TRENDS IN THE S, K AND CA DISTRIBUTION IN THE RADIAL PROFILE IN WOOD OF *Enterolobium contortisiliquum*

ABSTRACT: The correct mineral elements supply is a key strategy to enhanced the success in forest restoration programs, or even, to enhanced the wood production rate in commercial plantations. Understand the elements utilization kinetic along the growth, it is possible design the best fertilization strategy. In this chapter, we assess the nutritional demand analyzing the S, K and Ca content along the radial wood profile of *Enterolobium contortisiliquum* after four-years of cultivation. The elemental variation trends showed that Ca was mostly present in the earlywood, with decreasing trend during the dry season. Potassium and sulfur profiles were positively correlated, they presented higher levels at the initial growth period. The K and S showed a highest correlation indicating a trend regarding the element's spatial distribution, simultaneously. With a strong presence in the initial growth period. In the other hand, regions with the highest Ca levels showed a lowest S intensity, representing an antagonism effect between them. The results presented herein of temporal process of elements uptake foster better fertilization strategy for each stage of growth. Besides that, helps understood the climatic influences in the tree's development.

KEYWORDS: dendrochemistry, fast-growing trees, mineral nutrition, forest restoration.

1 | INTRODUÇÃO

O crescimento desordenado das áreas urbanas, a implantação da infraestrutura (rodovias, ferrovias, hidrelétricas e portos) e o avanço da agropecuária no território nacional brasileiro, contribuíram para a devastação de importantes áreas de diferentes biomas do país. A substituição da vegetação nativa para a inserção de outras atividades e a ocupação degradante do solo, provocam perturbações nos ecossistemas (distúrbios no regime hídrico, qualidade da água, estabilidade de solos, sobrevivência de plantas e animais), o que compromete os serviços ambientais prestados por eles, característicos em função de uma região, diversidade de espécies, estágios sucessionais e interferência antrópica.

Diversas estratégias para a restauração vêm sendo empregadas para restabelecer os processos e a estrutura de ecossistemas. Entretanto, pouco se tem evoluído quanto as técnicas de avaliação dos efeitos da nutrição das árvores no seu desenvolvimento e formação do lenho. O fornecimento de nutrição mineral é um dos aspectos mais importantes para um projeto de restauração florestal bem-sucedido. Uma vez que o estabelecimento de plantações de restauração ecológica no Brasil tem ocorrido, principalmente, em solos com baixa fertilidade natural, é imprescindível conhecer as demandas nutricionais das espécies arbóreas nativas (BARROS et al., 2004), o processo de absorção dos elementos do solo e sua distribuição no lenho e

a resposta para o crescimento das árvores.

As árvores apresentam elevada variabilidade de conteúdo químico elementar na madeira, devido à natureza complexa de absorção, transporte, incorporação e remobilização de elementos durante o período de crescimento (SCHARNWEBER et al., 2016). Desde modo, as partes da planta podem apresentar concentrações distintas, tanto no sentido base-topo como medula-casca do tronco, ao longo de sua vida.

A fim de avaliar a demanda de nutrientes temporais, estudos com a técnica de espectrometria de fluorescência de raios (μ -XRF) provaram ser uma estratégia apurada e eficiente (GILFRICH et al., 1991; HEVIA et al., 2018). O perfil de concentração dos elementos nos anéis de crescimento formados ao longo do desenvolvimento da árvore, usando a técnica μ -XRF, permite avaliar a resposta das árvores às condições climáticas (BONINSEGNA et al., 2009; SMITH et al., 2014) e aos distúrbios causados por ações antrópicas (GERALDO et al., 2014; BERAMENDI-OROSCO et al., 2013).

Esta técnica é não-destrutiva, pois altera as propriedades físicas e químicas do material, e apresenta como características a capacidade de análise multielementar e simultânea, ampla faixa linear de calibração, baixo custo de determinação e exigência de preparo da amostra (ADAME, 2018).

Neste capítulo, os autores irão abordar resultados obtidos de avaliações do conteúdo dos elementos S, K e Ca no sentido medula-casca de *Enterolobium contortisiliquum* (Leguminosae - Mimosoideae), advindo de um projeto de restauração florestal. Objetivou-se ainda, apresentar resultados que proporcionem a compreensão dos processos relacionados a absorção e precipitação desses elementos em espécies nativas brasileiras, comumente utilizadas para restauração de áreas degradadas

2 | MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Área de estudo

A espécie *Enterolobium contortisiliquum* foi selecionada pelo seu rápido crescimento, característica importante para a restauração florestal, e pelo seu aspecto de conservação, considerada muito ameaçada. A espécie, conhecida popularmente como tamboril, timbouva e orelha-de-negro, ocorre naturalmente em florestas de domínio de Mata Atlântica, principalmente, mas é encontrada também em formações de cerrado na região Central do Brasil (ANGÉLICO, 2010). A sua madeira poder ser utilizada em marcenaria, construção naval e civil, caixotaria e embalagens, painéis e miolos de portas (CARVALHO, 1994).

Selecionamos aleatoriamente, um indivíduo com seis anos de idade em um projeto de restauração florestal misto. As árvores deste projeto foram plantadas em

março de 2004, na Estação Experimental de Ciências Florestais da Universidade de São Paulo (bioma Mata Atlântica) em Anhembi, São Paulo, Brasil (22°40'S e 48°10'O). Foram implantados dois espaçamentos de plantio o 3x1 e o 3x2 m. A área apresenta um clima subtropical Cfa (Köppen) com verões quentes, precipitação anual de 1,315 mm e temperatura média de 20,8°C (FLORES et al., 2016). O solo predominante é classificado como Latossolo Amarelo Distrófico, contendo 5% de silte, 13% de argila e 82% de areia (CAMPOE, 2008).

2.2 Preparação das amostras

Um disco de madeira com 2 cm de espessura foi retirado da árvore de *Enterolobium contortisiliquum*, no sentido transversal do fuste, a 30 cm acima do solo. A partir da seção transversal do disco, uma amostra do perfil radial (medula-casca) com 63,6 mm de largura e 2 mm de espessura foi retirada do disco, utilizando serra circular dupla. A amostra foi seca a 60 °C, em seguida, acondicionada em câmara climática a 12% UR (20 °C) por 48h até atingirem umidade de equilíbrio.

2.3 Tendências na distribuição radial dos elementos

Nós investigamos possíveis tendências de distribuição do enxofre (S), potássio (K) e do cálcio (Ca) no perfil de madeira representando os diferentes períodos de crescimento da árvore. A espectrometria de fluorescência de raios X (FRX) foi utilizada para realização da análise qualitativa dos elementos. As intensidades ($K\alpha$) em contagem por segundo (cps) foram monitoradas simultaneamente em 32 pontos lineares sentido medula casca (Figura 1a). A amostra foi fixada em um suporte acrílico sobre um filme infinitamente fino (Kapton®) para a análise. A Figura 1b apresenta o interior do espectrômetro de bancada (ORBIS PC, EDAX) utilizado para gravação dos espectros.

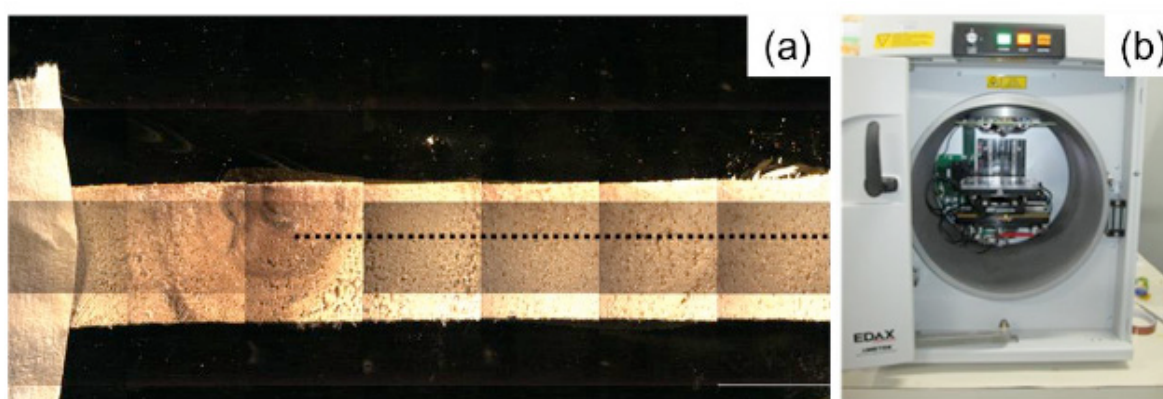


Figura 1. Amostra do lenho fixada, pronta para análise (a), detalhe interno do espectrômetro de bancada utilizado (b).

Através de testes preliminares utilizando diferentes condições operacionais para gravação dos espectros. Foi possível determinar as melhores condições visando a

detecção multielementar simultânea. O feixe de raios X foi fornecido por um ânodo de ródio (Rh), operando a 40 kV e 800 μA , o diâmetro do feixe foi delimitado a 1 mm por um colimador. A intensidade irradiada da amostra foi aferida utilizando um sistema de detecção de silício (modelo SDD) com 30 mm². O tempo de permanência foi de 20 segundos por ponto. Para distinguir o sinal de fluorescência de raios X do ruído de fundo, foi determinado um limiar para cada elemento de acordo com a Equação 1. Verificamos os espectros gravados para garantir a presença dos elementos no lenho reportadas.

$$\text{Limiar (cps)} = 8.45 * \sqrt{\frac{RF_{(m\u00e9dio)}}{t(s)}} \quad (\text{Eq. 1})$$

Onde: RF = ruído de fundo estimado (para cada ponto) utilizando software ORBIS; e t = o tempo de aquisição do espectro por ponto, em segundos.

O espalhamento inelástico Compton (Rh $K\alpha$) foi utilizado para normalizar as intensidades registradas (MARGUÍ et al., 2009). Devido a densidade superficial heterogênea da amostra ao longo do perfil de madeira. A intensidade $K\alpha$ de cada elemento foi dividida pela intensidade do espalhamento Compton em cada ponto.

Utilizando a Análise por Componentes Principais (ACP) a partir da matriz de correlação, comparamos a distribuição dos três elementos simultaneamente. Possibilitando a verificações de possíveis tendências relacionadas a cinética de absorção e utilização dos elementos investigados ao longo dos anos. Os dados foram padronizados (média = 0 e desvio padrão = 1) para evitar a sobreposição de dados com maiores magnitudes e uma consequente elevação da variação total de correlação (MINGOTI, 2005; MANLY, 2008).

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 2 é possível observar o espectro obtido em um ponto aleatório do lenho da espécie *Enterolobium contortisiliquum*. Os picos de fluorescência monitorados referentes ao S, K, Ca e ao espalhamento Compton encontram-se evidenciados.

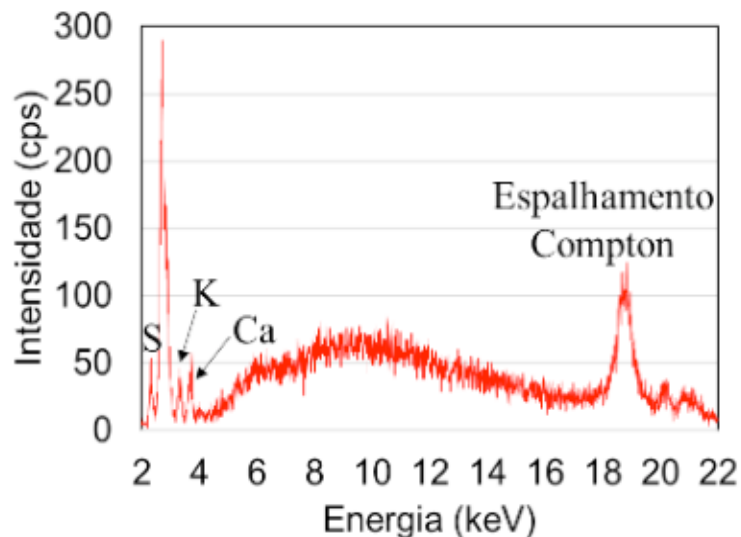


Figura 2. Espectro de fluorescência de raios X coletado no lenho com os respectivos picos monitorados durante as análises.

É importante ressaltar que a intensidade dos elementos é *diretamente proporcional* a concentração no lenho devido a uma relação linear entre ambos. A Figura 3 mostra que a distribuição radial de S, K e Ca no *Enterolobium contortisiliquum* variou durante o período de crescimento da árvore.

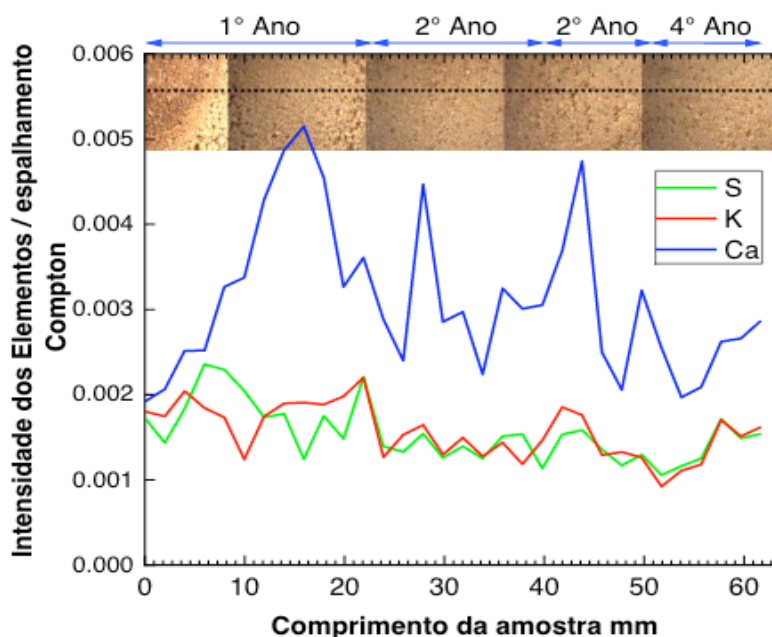


Figura 3. Distribuição da intensidade dos elementos investigados durante o período de crescimento representado ao longo do perfil radial de *Enterolobium contortisiliquum*. Linha pontilhada indica a região da madeira analisada.

Em função das dimensões do porta amostra do espectrômetro, foram avaliados apenas os 4 primeiros anos da madeira de *Enterolobium contortisiliquum* (Figura 3). O cálcio apresentou a maior variação no perfil radial da madeira, que pode representar padrões sazonais da absorção do elemento do solo, que é absorvida principalmente pelo fluxo de massa na estação chuvosa. Os maiores picos de Ca e K

foram detectados na madeira formada no início do crescimento da floresta (1º ano) e durante a estação chuvosa. Da mesma forma, os resultados foram observados para estes dois elementos nos anéis de árvore de árvores de *Populus alba* e *Quercus robur* (SMITH et al., 2014). No estudo, os autores também sugeriram que as variações nas concentrações elementares podem estar associadas a processos fisiológicos e anatômicos dentro das árvores.

Nos primeiros anos, o *Enterolobium contortisiliquum* absorveu mais K e a absorção deste elemento diminuiu ligeiramente durante o período de crescimento. Este resultado destaca a importância da fertilização K no crescimento inicial, enquanto a muda está competindo por dominância apical e suprimento de água (SARDANS e PEÑUELA, 2007). O S apresentou o mesmo comportamento que K, com correlação positiva entre K e S. Ressalta-se que esta é a primeira evidência encontrada das relações S e K durante o período de crescimento considerando as espécies nativas brasileiras. Ambos elementos apresentaram tendência de maior presença durante o crescimento inicial e permaneceram constantes ao longo do perfil medula-casca da madeira. Após o primeiro ano, níveis elevados de S observados em regiões de lenho tardio, o que pode sugerir uma maior absorção deste elemento neste período, como reserva para o próximo ano de crescimento (BARRELET et al., 2006).

Na Figura 4 é apresentado o resultado da análise multivariada de componentes principais. Os elementos estão representados por vetores e os pontos analisados representados pelas observações.

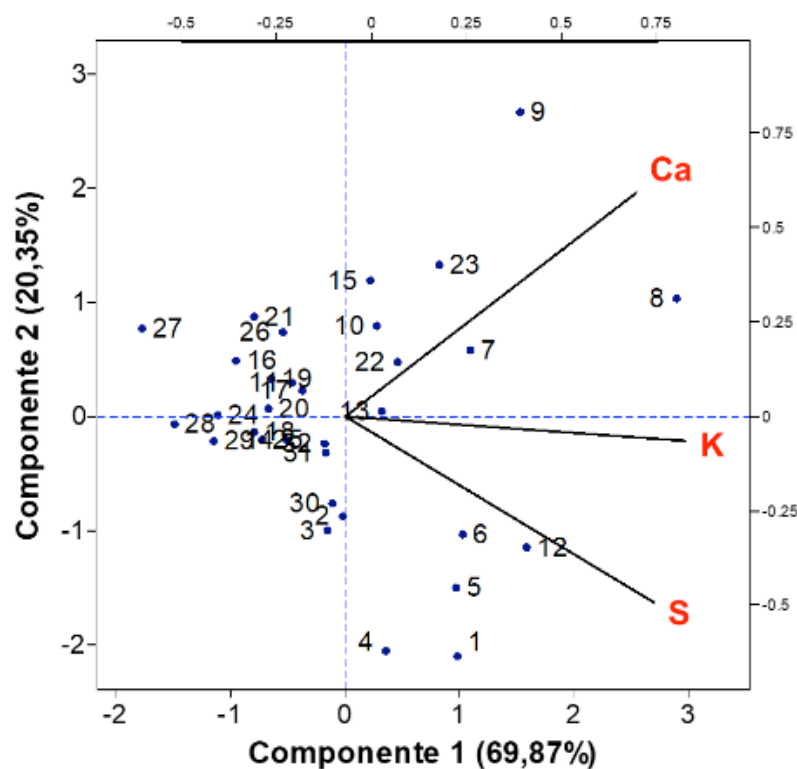


Figura 4. Primeira e segunda componente evidenciando uma tendência na distribuição dos elementos durante o período de crescimento da *Enterolobium contortisiliquum*.

A primeira componente, que corresponde a aproximadamente 70% da variação dos dados, estão os pontos onde altos níveis de S, K e Ca observados simultaneamente. A segunda componente (20,35%) representa um efeito antagonista entre S e Ca. Em regiões específicas ao longo do perfil analisado, existem baixos níveis de S e altos de Ca ocorrendo simultaneamente. Os vetores apresentam duas tendências distintas de variação, representadas pelo S e o Ca com baixa similaridade. O K apresenta um aspecto singular, com uma tendência de distribuição próxima principalmente ao S. Quanto as observações além do efeito antagonista, foi possível identificar um grupo de pontos com baixos níveis dos elementos simultaneamente. O que pode sugerir uma estratégia relacionada a tendência de absorção e acúmulo ligada as diferentes fases do crescimento vegetativo.

4 | CONCLUSÃO

O Ca apresentou variação mais expressiva ao longo do perfil radial da madeira de *Enterolobium contortisiliquum* comparado aos outros elementos investigados. Níveis de K e S ligeiramente mais elevados foram observados durante o período inicial de crescimento. A análise por componentes principais mostrou uma forte correlação entre o S e o K. Por outro lado, um efeito antagonista entre Ca e S.

Além disso, a fluorescência de raios X mostrou-se uma eficiente quanto ao monitoramento de elementos químicos da madeira ao longo do perfil medula-casca de árvores. Em conjunto, este trabalho contribuiu na identificação de tendências relacionadas a distribuição dos elementos no lenho durante o crescimento, e possíveis interações entre os elementos.

5 | AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Prof. Dr. Hudson Wallace Pereira de Carvalho (CENA/USP), ao Prof. Dr. Mário Tomazello Filho (ESALQ / USP) e ao Dr. Eduardo de Almeida (CENA/USP) pelas importantes contribuições nesta pesquisa. Também gostaríamos de agradecer a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (Programa facilitador multiusuário: 2016/19121-8), a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES - código de financiamento 001) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPQ) pela concessão de bolsas de estudo.

REFERÊNCIAS

ADAME, A. **Análise direta de folhas de soja por espectrometria de emissão óptica com plasma induzido por laser (LIBS) e por fluorescência de raios X dispersiva em energia (EDXRF)**. 145 f. 2018. Tese (doutorado em Química na Agricultura e no Ambiente) – Universidade de São Paulo, Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Piracicaba.

ANGÉLICO, T. S. **Anatomia do lenho de caule e raiz de plantas jovens de *Enterolobium***

contortisiliquum (VELL.) Morong (Fabaceae-Mimosoideae) crescendo em diferentes condições edáficas. 96 f. 2010. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas) – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu.

BARRELET, T.; ULRICH, A.; RENNENBERG, H.; KRÄHENBÜHL, U. **Seasonal Profiles of Sulphur, Phosphorus, and Potassium in Norway Spruce Wood.** *Plant Biology*, v. 8, p. 462-469, 2006. <http://dx.doi.org/10.1055/s-2006-924044>

BARROS, N.F.; NEVES, J.C.L.; NOVAIS, R.F. Fertilization in native species reforestation. In: Gonçalves, J.L.M.; Benedetti, V. (Org.). **Forest nutrition and fertilization.** IPEF. ed.2, Piracicaba, SP. 2004. p.347-379.

BERAMENDI-OROSCO, L.E.; RODRIGUEZ-ESTRADA, M.L.; MORTON-BERMEA, O.; ROMERO, F.M.; GONZALEZ-HERNANDEZ, G.; HERNANDEZ-ALVAREZ, E. **Correlations between metals in tree-rings of *Prosopis juliflora* as indicators of sources of heavy metal contamination.** *Applied Geochemistry*, v. 39, p. 78-84, 2013. <http://dx.doi.org/10.1016/j.apgeochem.2013.10.003>

BONINSEGNA, J.A.; ARGOLLO, J.; ARAVENA, J.C.; BARICHIVICH, J.; CHRISTIE, D.; FERRERO, M.E.; LARA, A.; LE QUESNE, C.; LUCKMAN, B.H.; MASIOKAS, M.; MORALES, M.; OLIVEIRA, J.M.; ROIG, F.; SRUR, A.; VILLALBA, R. **Dendroclimatological reconstructions in South America: A review.** *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, v. 281, p. 210-228, 2009. <https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2009.07.020>

CAMPOE, O. C. **Efeito de práticas silviculturais sobre a produtividade primária líquida de madeira, o índice de área foliar e a eficiência do uso da luz em plantios de restauração da Mata Atlântica.** 121 f. 2008. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) – Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2008.

CARVALHO, P. E. R. **Espécies florestais brasileiras: recomendações silviculturais, potencialidades e usos da madeira.** Colombo, EMBRAPA – CNPF, 1994.

FLORES, T.B; ALVARES, C.A.; SOUZA, V.C.; STAPE, J.L. **Eucalyptus no Brasil: zoneamento climático e guia para identificação.** IPEF. ed.1, Piracicaba, SP. 2016. 448p.

GERALDO, S.M.; CANTERAS, F.B.; MOREIRA, S. **Biomonitoring of environmental pollution using growth tree rings of *Tipuana tipu*: Quantification by synchrotron radiation total reflection X-ray fluorescence.** *Radiation Physics and Chemistry*, v. 95, p. 346-348, 2014. <https://doi.org/10.1016/j.radphyschem.2013.03.012>

GILFRICH, J.V.; GILFRICH, N.L.; SKELTON, E. F.; KIRKLAND, J.P.; QADRI, S.B.; NAGEL, D.J. **X-ray fluorescence analysis of tree rings.** *X-Ray Spectrometry*, v. 20, p. 203-208, 1991. <https://doi.org/10.1002/xrs.1300200410>

HEVIA, A.; SÁNCHEZ-SALGUERO, R.; CAMARERO, J.J.; BURAS, A.; SANGÜESA-BARRERA, G.; GALVÁN, J.D.; GUTIÉRREZ, E. **Towards a better understanding of long-term wood-chemistry variations in old-growth forests: A case study on ancient *Pinus uncinata* trees from the Pyrenees.** *Science of the Total Environment*, v. 625, p. 220-232, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.12.229>.

MANLY, B.J.F. **Métodos estatísticos multivariados: uma introdução.** 3ªed. Porto Alegre: Bookman, 2008.

MINGOTI, S.A. **Análise de dados através de métodos de estatística multivariada: uma abordagem aplicada.** Belo Horizonte: UFMG, 2005. 297 p.

MARGUÍ, E.; QUERALT, I.; HIDALGO, M. **Application of X-ray fluorescence spectrometry to determination and quantitation of metals in vegetal material.** *Trends in Analytical Chemistry*, v. 28, p. 362-372, 2009. <https://doi.org/10.1016/j.trac.2008.11.011>

SARDANS, J.; PEÑUELAS, J. **Drought changes phosphorus and potassium accumulation patterns in an evergreen Mediterranean forest.** Ecological Society, Functional Ecology, v. 21, p. 191-201, 2007. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2435.2007.01247.x>

SCHARNWEBER, T.; HEVIA, A.; BURAS, A.; VAN DER MAATEN, E.; WILMKING M. **Common trends in elements? Within- and between-tree variations of wood-chemistry measured by X-ray fluorescence - A dendrochemical study.** Science of the Total Environment, v. 566-567, p. 1245–1253, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.05.182>.

SMITH, K.T.; BALOUET, J.C.; SHORTLE, W.C.; CHALOT, M.; BEAUJARD, F.; GRUDD, H.; VROBLESKY, D.A.; BURKEN, J.G. **Dendrochemical patterns of calcium, zinc, and potassium related to internal factors detected by energy dispersive X-ray fluorescence (EDXRF).** Chemosphere, v. 95, p. 58-62, 2014. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2013.08.01>

SOBRE OS ORGANIZADORES

Raissa Rachel Salustriano da Silva-Matos: Bióloga pela Universidade de Pernambuco - UPE (2009), Mestre em Agronomia - Solos e Nutrição de Plantas pela Universidade Federal do Piauí - UFPI (2012), com bolsa do CNPq, e Doutora em Agronomia pela Universidade Federal da Paraíba - UFPI (2016), com bolsa da CAPES. Atualmente é professora adjunta do curso de Agronomia do Centro de Ciências Agrárias e Ambientais (CCAA) da Universidade Federal do Maranhão (UFMA). Tem experiência na área de Agronomia, com ênfase em fitotecnia, fisiologia das plantas cultivadas, propagação vegetal, manejo de culturas, nutrição mineral de plantas, adubação, atuando principalmente com fruticultura e floricultura. E-mail para contato: raissasalustriano@yahoo.com.br Lattes: <http://lattes.cnpq.br/0720581765268326>

Luisa Julieth Parra-Serrano: Engenheira Florestal da Universidade Distrital Francisco José de Caldas - Bogotá D. C., com Mestrado em Recursos Florestais e Doutorado em Ciências pela Universidade de São Paulo - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Atualmente é professora na Universidade Federal do Maranhão no Centro de Ciências Agrárias e Ambientais. Tem experiência em recursos florestais, silvicultura, tecnologia e utilização de produtos florestais, propriedades físicas e mecânicas da madeira, sistemas integrados de produção e agroecologia. E-mail: luisa.jps@ufma.br Lattes: <http://lattes.cnpq.br/6001864868903542>

ÍNDICE REMISSIVO

A

Acácia mangium 34, 35, 36

Amazônia 38, 40, 49, 50, 51, 52, 53, 61, 62, 66, 68, 74, 80, 81, 119

Araçazeiro 2

Artocarpus altilis 7, 76, 77, 78, 80

Azadirachta indica 6, 17, 18, 21

B

Baru 36

Bioma 63, 68, 69, 72

C

Calophyllum brasiliense 15, 34, 35, 36

Características dendrométricas 61

Cedro australiano 8, 36

Celulose 162

Cernambi 56, 57, 59

Ciclagem de nutrientes 82, 90

Ciclo Biogeoquímico 85

Ciclo Bioquímico 85

Ciclo Geoquímico 85

Conscientização Ambiental 176

Corymbia citriodora 118, 119, 120

D

Dipteryx alata 34, 35, 36

Distribuição diamétrica 40, 44, 45, 46, 50, 58

Distribuição espacial 80

Durabilidade natural 122

E

Educação ambiental 183

Enterolobium contortisiliquum 9, 96, 98, 132, 133, 134, 135, 136, 137, 138, 139

Ervas daninhas 104

Espaços livres públicos 22

Estrutura populacional 50

Eucalipto 36, 38, 111

Eucalyptus grandis 15, 20, 34, 35, 36, 38, 111, 131, 152

Eucalyptus pellita 118, 119, 120, 154

Eucalyptus urophylla 34, 35, 36, 111, 118, 119, 120, 124, 125, 126, 130

F

Floresta nacional do Tapajós 54, 55, 56, 58, 59
Forestry Stewardship Council 114

G

Geoestatística 76
Grevillea robusta 22, 28, 29, 30, 31
Guanandi 36

I

Impactos Ambientais 65, 67, 69, 71
Índice de Shannon-Weaver 22, 24, 31, 32

K

Khaya senegalensis 34, 35, 36

L

Látex 56, 59
Ligustrum japonicum 22, 28, 30, 31

M

Madeira 121, 122, 124, 130, 132, 162
Mata Atlântica 34, 35, 63, 67, 68, 72, 74, 75, 89, 90, 120, 134, 135, 140
Matéria orgânica 82
Matocompetição 102, 103
Mel 112
Mineração 74, 98
Mogno africano 36

N

Nanocelulose 158, 162
Nanotecnologia 155, 163

O

Osmocote 7

P

Paubrasilia echinata 8, 91, 92, 93, 98
Pinus 8, 9, 28, 30, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 118, 119, 120, 140, 142, 143,
144, 145, 149, 150, 152, 154, 162, 163, 165, 166, 167, 173
Pinus caribaea 118, 119, 120
Plástico 176
Produção florestal 5

Psidium cattleianum 6, 1, 2, 3, 6

Q

Qualidade de mudas 15, 16

R

Recuperação de pastagens 35

Reflorestamento 16

Resíduos Sólidos Urbanos 176

S

Silvicultura 5, 21, 82, 112, 153

Sistemas Agroflorestais 35

T

Teca 37

Tectona grandis 34, 35, 36, 37, 38

Tipuana tipu 22, 28, 30, 31, 140

Toona ciliata 6, 6, 9, 10, 11, 13, 14, 15, 16, 34, 35, 36

U

Unidades de Conservação 63, 64, 65, 67, 69, 71, 72, 73

V

Variabilidade espacial 80

W

Wood Plastic Composite 165, 166

Agência Brasileira do ISBN
ISBN 978-85-7247-498-6

